

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-233391
 (43)Date of publication of application : 27.08.1999

(51)Int.Cl. H01L 21/02
 C30B 29/36
 C30B 29/38
 H01L 21/205

(21)Application number : 10-029825
 (22)Date of filing : 12.02.1998

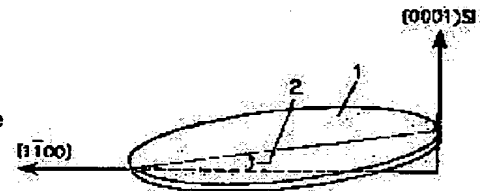
(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>
 (72)Inventor : NISHIDA TOSHIO
 KOBAYASHI NAOKI

(54) CRYSTALLINE SUBSTRATE, SEMICONDUCTOR DEVICE USING THE SAME AND MANUFACTURE OF THE SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-performance semiconductor device realizing a thin-film stacked structure composed of a high-quality nitride III-V compound semiconductor and the manufacture of such semiconductor device, by manufacturing a SiC crystalline substrate capable of forming a flat interface with good reproducibility and its use, in the manufacture of a nitride III-V compound semiconductor material.

SOLUTION: A semiconductor device uses a crystalline substrate, which is composed of SiC and has a plane that is inclined in a SiC crystal [1-100] direction or a [11-20] direction or in an equivalent directions from the (0001) Si tetragonal orientation within a 7° range within the substrate plane and within a range of 0.02 to 0.6° within a vertical plane to the substrate plane. On the SiC crystalline substrate, a crystalline thin film composed of a nitride III-V compound semiconductor material is grown through organic metal vapor phase growing.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.01.2001
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-233391

(43)公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/02

H 0 1 L 21/02

B

C 3 0 B 29/36

C 3 0 B 29/36

A

29/38

29/38

D

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号

特願平10-29825

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(22)出願日

平成10年(1998) 2月12日

(72)発明者 西田 敏夫

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 小林 直樹

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 中村 純之助 (外2名)

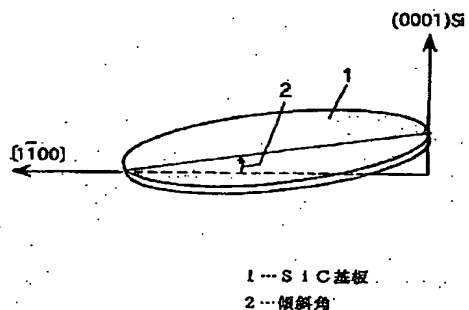
(54)【発明の名称】 結晶基板とそれを用いた半導体装置およびその製法

(57)【要約】

【目的】窒化物III-V族化合物半導体材料の作製において、再現性良く平坦な界面を形成することができるSiC結晶基板、およびこれを用いることにより、高品質の窒化物III-V族化合物半導体よりなる薄膜積層構造を実現した高性能の半導体装置およびその製造方法を提供することにある。

【構成】SiCよりなる結晶基板であって、SiC結晶の(0001)Si面正方位より、 $[1-100]$ 方向、または $[11-20]$ 方向、もしくはこれらと等価な方向に、基板面内で7度以内の範囲、基板面に垂直な面内で0.02度ないし0.6度の範囲内で傾斜した面を有する基板を用いる。このSiC結晶基板上に、窒化物III-V族化合物半導体材料よりなる結晶薄膜を有機金属気相成長法により成長させる。

図 1



注： $[1\bar{1}00]$ は、明細書の本文中では $[1-100]$ で表わす。

【特許請求の範囲】

【請求項1】SiCよりなる結晶基板であって、SiC結晶の(0001)Si面正方位より、〔1-100〕方向、または〔11-20〕方向、もしくはこれらと等価な方向に、基板面内で7度以内の範囲、基板面に垂直な面内で0.02度ないし0.6度の範囲内で傾斜した面を有することを特徴とする結晶基板。

【請求項2】請求項1に記載の結晶基板上に、窒化物III-V族化合物半導体材料よりなる結晶薄膜を成長してなることを特徴とする半導体装置。

【請求項3】請求項1に記載の結晶基板を用い、有機金属気相成長法により、窒化物III-V族化合物半導体材料よりなる結晶薄膜を成長する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、SiC（炭化ケイ素）よりなる特定の結晶基板と、該結晶基板上に、窒化物III-V族化合物半導体材料よりなる結晶薄膜を設けた半導体装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に結晶成長は、原料を取り込む原子ステップの由来によって、スクリュエ転位等の転位による成長モードと、原料の過飽和度の上昇に伴う2次元核の発生による成長モード、および基板を傾斜させることによって発生する階段状の原子ステップを利用するステップフローモードのいずれかに分けられる。GaNの結晶成長においては、従来、ウェハサイズ（例えば、1インチ径以上）の単結晶を得ることが困難であったため、サファイアを中心とする、窒化物III-V族化合物半導体とは大きく異なる結晶材料の上に、ヘテロエピタキシャル成長を行うことにより、窒化物III-V族化合物半導体材料を形成していた。しかしながら、このようなヘテロエピタキシャル成長においては、従来、転位を抑制することが困難であり、転位に由来する成長モードでの結晶成長が主流となっていた。このため、例えばInGaN等の量子井戸の形成において、組成および膜厚が揺らぐ等、面内で均一な窒化物III-V族化合物半導体材料を得ることが困難であった。しかし、SiC基板を用い成長条件を制御することにより、表面平坦性に影響を与える転位を少なくすることが可能となりつつある。しかしながら、従来、広く使用されている〔11-20〕方向へ、3.5°と傾斜角の大きい基板を用いると、フォトルミネッセンス測定により量子井戸発光を得ることはできず、InGaN量子井戸レーザーを作製しても、発振は見られないという問題があった。このような基板上で成長させた、例えばGaNの表面を原子間力顕微鏡で調べると、段差が100nm程度の凹凸が形成されていた。また(0001)Si面に対して、傾斜が0.01°以内の正方位の基板を用いると、複数の〔1

100〕方向に傾斜した微小面からなる凹凸を有しており、例えば量子井戸を作製しても複数の発光線が見られるなど、膜厚制御の均一性に問題があった。これは、〔1-100〕方向に傾斜した微小面からなる凹凸が均一な結晶成長を阻害していることを示している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述したごとく、従来、窒化物III-V族化合物半導体はバルク結晶を得ることが困難であるために、サファイアやSiC基板上に結晶成長することにより、半導体結晶を作製する方法が採用されてきた。これら従来の技術では、基板と半導体結晶との格子定数差が一致せず制御性が不十分であるために、結晶成長はスクリュエ転位等の欠陥を起点とするステップで成長していた。このため、欠陥の分布の影響を受けて薄膜構造の平坦性や膜厚制御が悪く、光子や電子素子等への応用上の特性を向上することが極めて困難であった。

【0004】本発明の目的は、上記従来技術における問題点を解消し、窒化物III-V族化合物半導体材料の作製において、再現性良く平坦な界面を形成することができる結晶基板、およびこれを用いることにより、高品質の窒化物III-V族化合物半導体よりなる薄膜積層構造を実現した高性能の半導体装置およびその製造方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記本発明の目的を達成するために、本発明は特許請求の範囲に記載のような構成とするものである。すなわち、本発明は請求項1に記載のように、SiC（炭化ケイ素）よりなる結晶基板であって、SiC結晶の(0001)Si面正方位より、〔1-100〕方向、または〔11-20〕方向、もしくはこれらと等価な方向に、基板面内で7度以内の範囲、基板面に垂直な面内で0.02度ないし0.6度の範囲内で傾斜した面を有する結晶基板を用いるものである。また、本発明は請求項2に記載のように、請求項1に記載の結晶基板上に、窒化物III-V族化合物半導体材料よりなる結晶薄膜を成長してなる半導体装置とするものである。また、本発明は請求項3に記載のように、請求項1に記載の結晶基板を用い、有機金属気相成長法により、窒化物III-V族化合物半導体材料よりなる結晶薄膜を成長する工程を含む半導体装置の製造方法とするものである。本発明は、請求項1～3に記載のように、窒化物III-V族化合物半導体材料を結晶成長する基板として、(0001)Si面正方位より、〔1-100〕もしくは〔11-20〕方向もしくはその等価な方向から基板面内で7°以内に傾斜した基板で、その傾斜角が0.02°から0.6°となるSiC基板を用いることにより、面内で均一な成長が可能なステップフローモードを促進することができ、結晶品質の良好な窒化物III-V族化合物半導体材料を得ることができる。さら

に、平坦で膜厚制御に優れた半導体素子構造を再現性良く製造できる効果がある。

【0006】

【発明の実施の形態】〈実施の形態1〉図1に本実施の形態の一例を示す。成長用の基板として、図1に示すように、(0001) Si面正方位より、[1-100]方向に、傾斜角2が、0.2°(度)傾斜したSiC基板1を用いた。結晶成長には縦型のMOVPE(有機金属気相成長)炉を用い、成長圧力76 Torr(mmHg)、成長温度1030℃、原料化合物として、トリメチルガリウム、トリエチルアルミニウム、トリメチルインジウム、アンモニア等を使用し、V/III比は、約10000~30000とした。図3は、成長したGa_{0.1}N_{0.9}表面の原子間力顕微鏡による表面形状測定の結果を示す模式図である。図3に示すように、Ga_{0.1}N_{0.9}単位結晶格子の高さ0.5nm、すなわち、Ga_{0.1}N_{0.9}単分子層の高さで換算した2層分の段差の間隔が、おおむね140nm間隔で整然と配列しており、ステップフローモードで成長していることが解る。この条件で、Ga_{0.1}N_{0.9}/Al_{0.1}Ga_{0.9}N多重量子井戸(MQW)を形成すると、従来困難であった厚さ1.1nmの量子井戸からの明瞭な発光が得られた。さらに、図4に示す構造で、共振器長300μm、電極幅10μmの半導体レーザーを作製したところ、波長400nm、しきい値電流密度15kA/cm²で発振を確認することができた。本実施例でSiC

基板上にGa_{0.1}N_{0.9}を成長させる場合について説明したが、Ga_{0.1}N_{0.9}の他、Al_{0.1}N_{0.9}、In_{0.1}N_{0.9}、BN、およびこれらの混合結晶を成長させた場合においても上記と同様の効果が得られた。

【0007】〈実施の形態2〉図2に本実施の形態の一例を示す。成長用の基板として図2に示す(0001) Si面正方位より、[11-20]方向に、傾斜角2が、0.2°傾斜したSiC基板1を用いた。結晶成長には、縦型のMOVPE炉を用い、成長圧力76 Torr、成長温度は1070℃、原料化合物には、トリメチルガリウム、トリエチルアルミニウム、トリメチルインジウム、アンモニア等を使用し、V/III比は約5000~20000とした。図5は、成長したGa_{0.1}N_{0.9}表面の原子間力顕微鏡による表面形状測定の結果を示す模式図である。図5に示すように、Ga_{0.1}N_{0.9}単位結晶格子の高さの半分の0.25nm、すなわち、Ga_{0.1}N_{0.9}単分子層の高さで換算して1層分の段差の間隔が、おおむね70nmの間隔で整然と配列しており、ステップフローモードで成長していることが解る。この成長条件で、Ga_{0.1}N_{0.9}/Al_{0.1}Ga_{0.9}N多重量子井戸を形成すると、従来において困難であった厚さ1.1nmの量子井戸からの明瞭な発光が得られた。さらに、図4に示す構造で、共振器長300μm、電極幅10μmの半導体レーザーを作製したところ、波長400nm、しきい値電流密度20kA/cm²で発振を確認することができた。本実施例でS

iC基板上にGa_{0.1}N_{0.9}を成長させる場合について説明したが、Ga_{0.1}N_{0.9}の他、Al_{0.1}N_{0.9}、In_{0.1}N_{0.9}、BN、およびこれらの混合結晶を成長させた場合においても上記と同様の効果が得られた。なお、上記実施の形態1、2では、基板面内での傾きを0°としたが、これは±7°の範囲であれば同様の効果が得られることを確認している。

【0008】

【発明の効果】本発明の結晶基板における平坦化の効果は、成長条件によって[1-100]もしくは[11-20]方向、もしくはその等価な方向へ基板面内で7°以内、基板に垂直な面内で0.02°から0.6°傾斜した基板を用いた場合において顕著に観察される。したがって、窒化物III-V族化合物半導体材料を結晶成長する基板として、(0001) Si面正方位より、[1-100]もしくは[11-20]方向、もしくはその等価な方向から面内で7°以内に傾斜した基板で、その傾斜角が0.02°から0.6°となるSiC基板を用いることにより、面内で均一な成長が可能なステップフローモードを促進することが可能となり、結晶品質の良好な窒化物III-V族化合物半導体材料を得ることが可能となる。さらに、平坦で膜厚制御に優れた半導体素子構造を提供できる効果がある。また、本発明の効果は、Ga_{0.1}N_{0.9}/Al_{0.1}Ga_{0.9}N多重量子井戸レーザー素子への応用に留まるものではなく、広く窒化物III-V族化合物半導体材料を用いた半導体装置の特性向上に有効であることは言うまでもない。さらに、将来Ga_{0.1}N_{0.9}のバルク基板が適用可能になった場合や、サファイア上の転位密度の抑制が容易になった場合においても、本発明の傾斜基板を用いる効果は期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1で例示したSiC基板の構成示す模式図。

【図2】本発明の実施の形態2で例示したSiC基板の構成示す模式図。

【図3】本発明の実施の形態1で例示したGa_{0.1}N_{0.9}表面平坦性の測定結果を示す模式図。

【図4】本発明の実施の形態1および2で作製した多重量子井戸レーザーの構造を示す模式図。

【図5】本発明の実施の形態2で例示したGa_{0.1}N_{0.9}表面平坦性の測定結果を示す模式図。

【符号の説明】

1…SiC基板

2…傾斜角

3…Ga_{0.1}N_{0.9}単位結晶格子の高さ

4…Ga_{0.1}N_{0.9}単分子層の高さで換算した2層分の段差の間隔

5…Ga_{0.1}N_{0.9}単位結晶格子の高さの半分

6…Ga_{0.1}N_{0.9}単分子層の高さで換算した1層分の段差の間隔

10…SiC基板

(4)

特開平11-233391

5

11...AlN (~200nm)
 12...n-Al_xGa_{1-x}N (x=8%, 2000nm)
 13...n-GaN (100nm)
 14...Ti/Au
 15...n-Al_xGa_{1-x}N (x=8%, 400nm)
 16...GaN (400nm)

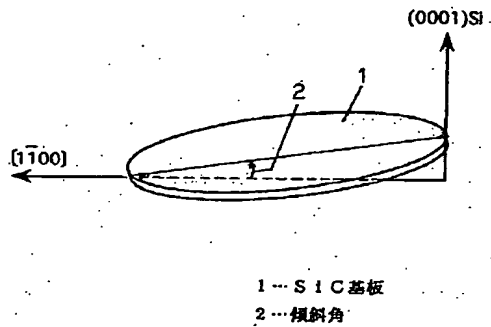
*

6

* 17...InGa_N-MQW (多重量子井戸)
 18...GaN (400nm)
 19...p-Al_xGa_{1-x}N (x=8%, 400nm)
 20...p-GaN (100nm)
 21...Ni/Au

【図1】

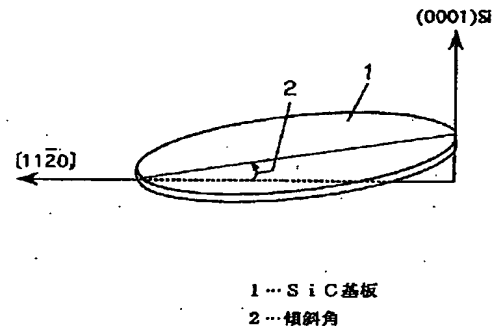
図1



注：[1 $\bar{1}$ 00]は、明細書の本文中では[1-100]で表わす。

【図2】

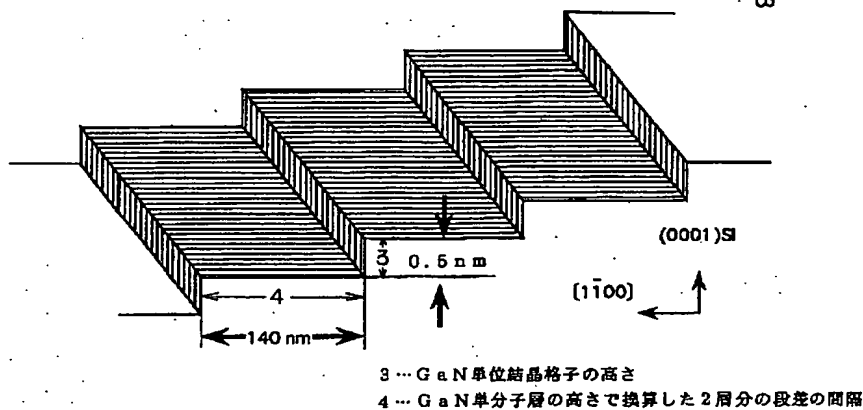
図2



注：[11 $\bar{2}$ 0]は、明細書の本文中では[11-20]で表わす。

【図3】

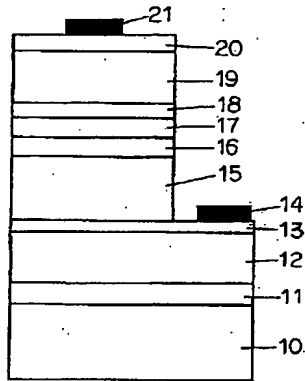
図3



注：[1 $\bar{1}$ 00]は、明細書の本文中では[1-100]で表わす。

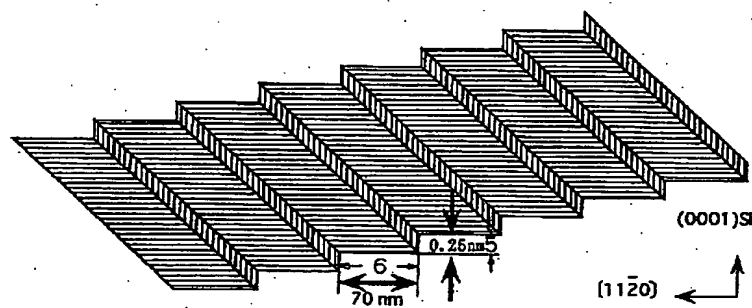
【図4】

図4



- 10...SiC基板
 11...AlN (~200nm)
 12...n-Al_xGa_{1-x}N (x=8%, 2000nm)
 13...n-GaN (100nm)
 14...Ti/Au
 15...n-Al_xGa_{1-x}N (x=8%, 400nm)
 16...GaN (400nm)
 17...InGa_N-MQW (多重量子井戸)
 18...GaN (400nm)
 19...p-Al_xGa_{1-x}N (x=8%, 400nm)
 20...p-GaN (100nm)
 21...Ni/Au

【図5】



- 5...GaN単位結晶格子の高さの半分
 6...GaN単分子層の高さで換算した1層分の段差の間隔

注：[11 $\bar{2}$ 0]は、明細書の本文中では{11-20}で表わす。